

実証対象技術／環境技術開発者	複合的沿岸環境改善技術／五洋建設株式会社(外 3 社)
実証機関	呉市
実証試験期間	平成 20 年 7 月 25 日～平成 21 年 12 月 31 日
実証内容	構造物・資源を複合的に組み合わせた場合の生物生息環境改善への影響
実証の目的	個々の技術が適切に効果を発揮して、全体の環境改善に資すること。

1. 実証対象技術の概要

技術の模式図

原理

本実証試験の各種生物生息環境改善技術は、それぞれ効果のあることが、適用実験や実証実験により確認されている。各技術は、それぞれ機能、ねらいが異なっており、それらを複合的に配置することにより、各機能が関連し、相乗的な効果(シナジー効果)が生まれることが期待されるが、複合的に配置した場合の効果の評価までは行われていない。そこで本実証試験では、各技術を複合的に配置し、その効果を評価することとした。

本実証試験は、瀬戸内海沿岸で典型的な泥質海底と直立護岸に対して、各技術を配置することにより、通常の直立護岸部よりも多様性が高く、かつ、生物量の多い群集が形成され、出現した濾過食性及び有機物食性ベントスの生物活動により水質が改善されることを期待している。また、複雑な空間を有する構造物が配置されることや付着生物、堆積物食者が増加することにより、それら生物の上位捕食者となる魚類、底生生物による蠕集、捕食活動が活発になることが考えられ、上位捕食者が移動又は漁獲されることによる系外除去効果も期待できる。

各技術の概要

技術名	概要	ねらい	設置
水平くぼみ	概要	直立護岸の付着生物着生促進のため、くぼみや小型タイドプールを設けた構造物	鉛直護岸以上の生物多様性の確保
	設置	直立護岸部に設置	
造粒砂	概要	生物生息状況に合わせて粒径等を調整した砂	砂地を必要とする生物の生息環境の創造
	設置	海底に設置	
リサイクルブロック	概要	焼却灰等の副産物を安全に固化した、付着生物や海藻が着生しやすい基質	大型藻類や付着動物の生息環境の創造
	設置	海底に設置	
貝殻基質	概要	貝殻を材料とした多孔質構造を持つ生物着生基質	小型藻類や付着動物、埋在性ベントスの生息環境の創造
	設置	海底に設置	

2. 実証試験の概要

○実証試験実施場所の概要

海域の名称 主な利用状況 規模	【呉市阿賀マリノポリス地区B-2護岸】 現在、広島中央テクノポリス圏域を対象とした複合一貫輸送に対応した内貿コンテナターミナル、マリーナや緑地を核とした海洋性レクリエーション施設の整備を進行。 実証試験場所は、水深 D.L.+1.0m～D.L.-3.0m、延長約 100m、岸沖方向約 15m。	
海域の課題	ひっ迫する課題は見当たらないが、瀬戸内海沿岸に多く見られる閉鎖性が強く、埋め立て等的人為的な改変を強く受けた泥質海底と直立護岸に囲まれた海域である。極度に悪化した海域の改善には、多くの費用と時間を労する。改善効果があがりやすく、かつ、瀬戸内海に多く見られるこのような環境を有する海域において実証試験を行い、成果を広く活用していくものである。	
海域の状況	水質	海域は非常に静穏であり、濁りが強い。照度は、水深 4m で表層の 1 割程度となる。DO は、夏季に環境基準を下回る(5.8mg/l)が、貧酸素水塊の発生は見られない。
	底質	静穏度が高く濁りの強い海域であるため、浮泥が堆積しやすい状態である。実験の対象となる護岸前面は捨石マウンドである。泥質はシルト、強熱減量は 8.9%、COD は 22.9mg/g であった。広島湾の強熱減量の平均値が 9.2%、COD の平均値が 25mg/g であり、広島湾の平均値より若干低い程度であった。
	生物生育環境	【底生生物】防波堤設置前の調査によれば、ダルマガカイやシズクガイのような富栄養化海域の指標種となるような底生生物が確認されていた。また、広島湾内近傍の干潟ではイソゴカイやヒメスナホリムシが優占している。 【海藻藻類】防波堤内において、ワカメやホンダワラ類の生育が確認されている。

○実証対象技術の設置状況

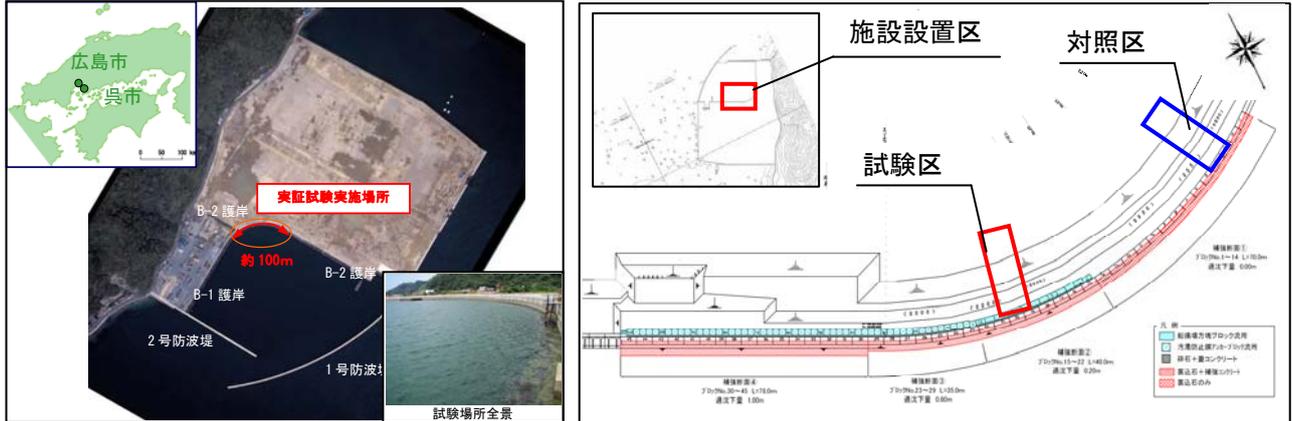
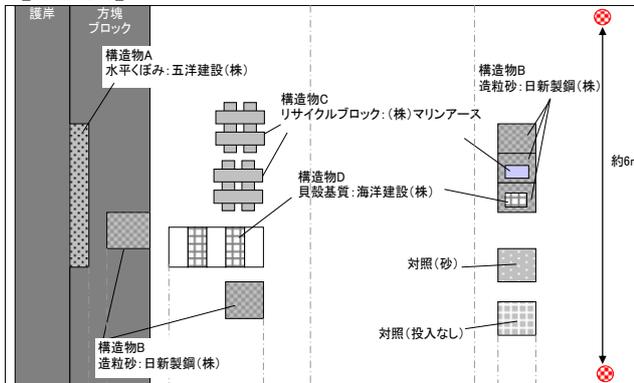


図1 調査位置

【平面図】



【断面図】

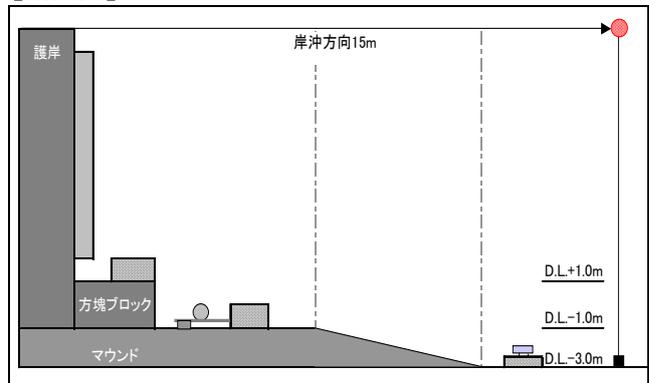


図2 試験区における実証対象技術の配置図

○実証対象技術の仕様及び処理能力

項目	仕様及び処理能力			
名称 ／型式	構造物A: 水平くぼみによる生物多様性向上技術	構造物B: 鉄鋼スラグを用いた生物生息場の創出技術	構造物C: リサイクル材を用いた付着生物多様性向上技術	構造物D: 貝殻を用いた生物付着促進技術
サイズ (mm)	幅 2300 × 高さ 1150 × 奥行き 440	縦 500 × 横 500 × 高さ 300	縦 170 × 横 170 × 長さ 570	直径 150 × 長さ 300
設置基数 と場所	1 基、護岸部 (D.L.+1m)	5 基、方塊ブロック上 (D.L.+1.0m)、方塊ブロック直下 (D.L.-1.0m)、マウンド直下 (D.L.-3.0m)	9 基、方塊ブロック直下 (D.L.-1.0m)、マウンド直下 (D.L.-3.0m)	3 基、方塊ブロック直下 (D.L.-1.0m)、マウンド直下 (D.L.-3.0m)
運転時間 等	なし	なし	なし	なし

3. 維持管理にかかる技術情報

○使用資源量・生成物処理量

項目	単位(適宜設定)	結果
消耗品及び電力消費量	-	消耗品及び電力消費はない。
汚泥や廃棄物の物理化学的特性と発生頻度数	-	汚泥や廃棄物の発生はない。

○維持管理項目

管理項目	技術者の必要性	一回あたりの作業量	管理頻度
維持管理に必要な作業項目	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	-	-
使用者に必要な維持管理技能	<input type="checkbox"/> 要 <input checked="" type="checkbox"/> 不要	-	-

4. 実証試験結果

○実証試験の目標と結果

調査項目	目標水準
生物	対照区以上の生物量を確保する。

4. 1. 実証試験結果

(1)試験期間中の水質(水質連続計測結果)

試験期間中の環境は、塩分は 32.5psu 前後、水温は 11~27℃前後であり安定した状態であった。DO は 6~10mg/l 前後であり、8 月~10 月に低い値となったが、貧酸素状態に至ることはなかった。

(2)生物採取調査結果

生物採取調査で採取した付着生物量(湿重量)を試験区と対照区で比較した(図3)。比較にあたっては、試験区は採取量の合計値を、対照区については構造物の合計投影面積 2.91m²と同面積に換算した値を用いた。

付着動物、藻類ともに、1 月と 5 月は試験区の方が多かった。7 月は、付着動物はオオヘビガイやマガキといった重い種が多く出現したため、対照区の方が多かったが、藻類は試験区の方が多かった。

各技術について見ると、水平くぼみ、リサイクルブロック、貝殻基質などの生物を付着させることをねらいとする構造物は、対照区と比較して多様な生物が付着していた。造粒砂は、生物量としては対照区と比較して有意な差は見られなかったが、キュウセンが生息の場として利用していることが確認された。

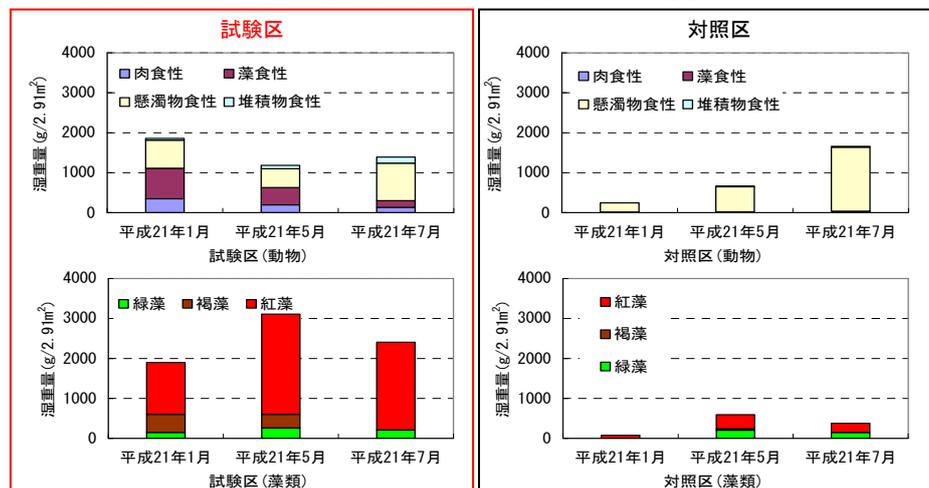


図3 試験区と対照区の付着生物量

(3)蛸集調査結果(刺網調査)

平成20年10月、平成21年5月、9月に蛸集(刺網:80m)調査を実施した。試験区では、合計13種25個体5,592g捕獲され、対照区の12種21個体3,991gと比較して種類数、個体数、湿重量ともに多かった。特に、マエソ、ヒラメ、イシガニなど、食物連鎖の上位生物が多く確認された。

(4)蛸集調査結果(目視調査)

平成20年9月から平成21年9月まで計6回の魚類目視観察(各300m²)を行った。試験区では、合計21種確認され、対照区の13種と比較して多くの魚類が観察された。特に、カサゴなどの根付魚、チャガラやメバルの稚魚が観察され、各技術が魚類にとって生息場所、採餌場所、稚魚の成育の場として機能していることが考えられる。

(5)大型ベントス調査結果

平成21年5月、7月、9月に試験区及び対照区(各300m²)において大型ベントス調査を実施した。試験区では、合計8種26個体3559g捕獲され、対照区の2種4個体397gと比較して、種類数、個体数、湿重量ともに多かった。特に、マダコの大型個体が採取されたほか、イトマキヒトデやマナマコが多く確認され、各技術の付着生物が、これら大型ベントスに捕食されていることが考えられる。

4. 2. 評価

本試験における各実証対象技術は、各材質、構造に応じたねらいを持っている。また、各技術はより効果が高まることを考え、空間的に配置されている。各技術の空間的配置のねらいを整理し、ねらいに対し予測された効果が発現されているかを検討した。さらに、本実証試験の目的である「対照区以上の生物量の確保」が達成されているかどうかを湿重量及び年間炭素固定量によって評価した。

(1)各実証対象技術の空間的配置のねらいと効果

①各実証対象技術及び空間的配置のねらい

各実証対象技術及びそれらの空間的配置のねらい(機能の連関)を図4に示す。
各技術を空間的に配置することにより、以下の効果が期待される。

- 各技術を空間的に配置することにより、多様な付着生物や藻類が生育する環境を創造する。
- 多様な生物の活動により、水質・底質の改善が期待される。
- 魚類や大型ベントスによる鉛直、水平方向の物質循環、系外排出が期待される。

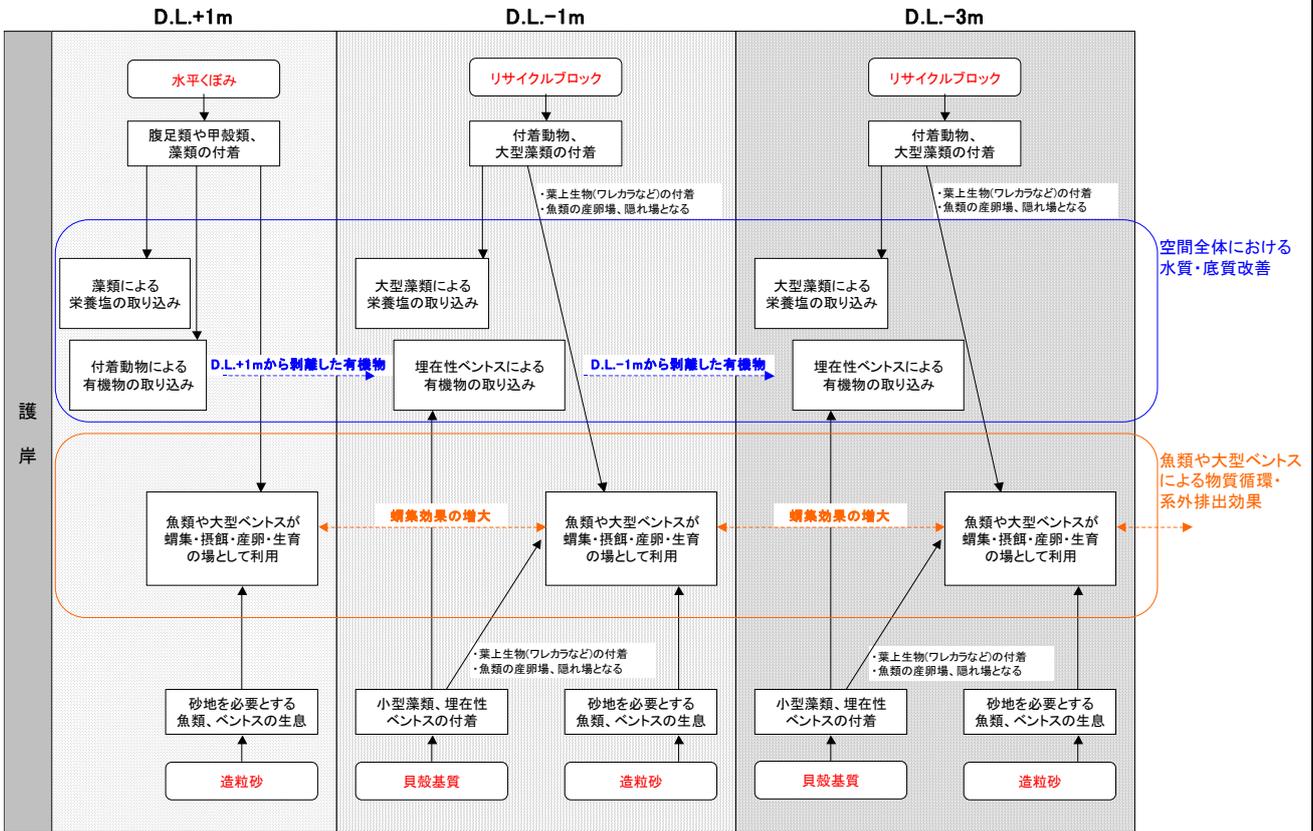


図4 空間的配置のねらい(機能の連関)

②各実証対象技術及び空間的配置の効果

空間的配置の効果は、各技術がそれぞれねらい通りの効果を発揮し、それらが連関することにより発現される。生物採取調査結果及び目視調査結果より、各技術が効果を発揮しているかどうかを検証した。

D.L.+1mの水平くぼみでは、対照区では出現していない藻類や甲殻類が確認され、対照区に比べ、多様な生物種が確認された(図5)。これは、水平面にくぼみが存在することで、干潮の干出時であっても、くぼみ内部に溜まった海水が湿潤な状態を保つため、乾燥に弱い生物も生息できる環境が創造されているためであると考えられる。

D.L.-1mのリサイクルブロックは、動物の付着量は少なかったが、緑藻・褐藻・紅藻のいずれの海藻も多く付着していた。一方、貝殻基質では動物の付着量が多く、これらの異なる特性の技術が存在することで多様な生物の生息環境が創出されたと考えられる。特に、貝殻基質では、対照区ではほとんど見られない堆積物食性や肉食性の動物が多く確認され、D.L.-1mから落ちてくる糞や死骸などの有機物の分解に寄与しているものと考えられる(図6)。

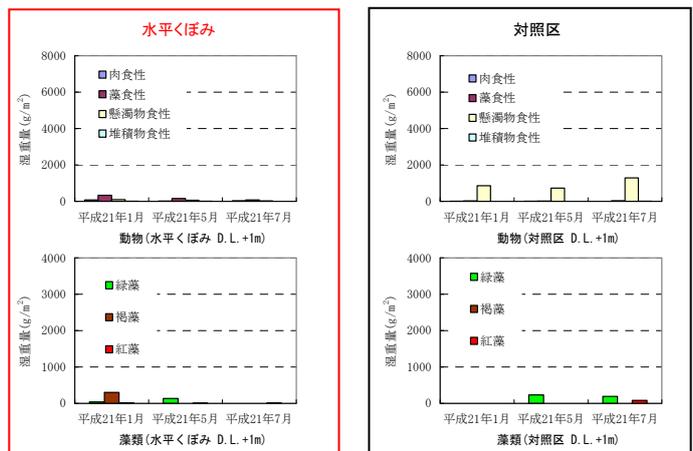


図5 水平くぼみと対照区の付着生物量(D.L.+1m)

また、両基質に多く付着していた海藻には、ワレカラなども多く付着しており、周辺で確認された稚魚や大型ベントスの餌として利用されていることがうかがえる。

造粒砂は、生物量としては対照区と比較して有意な差は見られなかったが、冬季にキュウセンの潜砂が多く確認され、泥質である周辺と異なる生物の生息環境を創造していた。

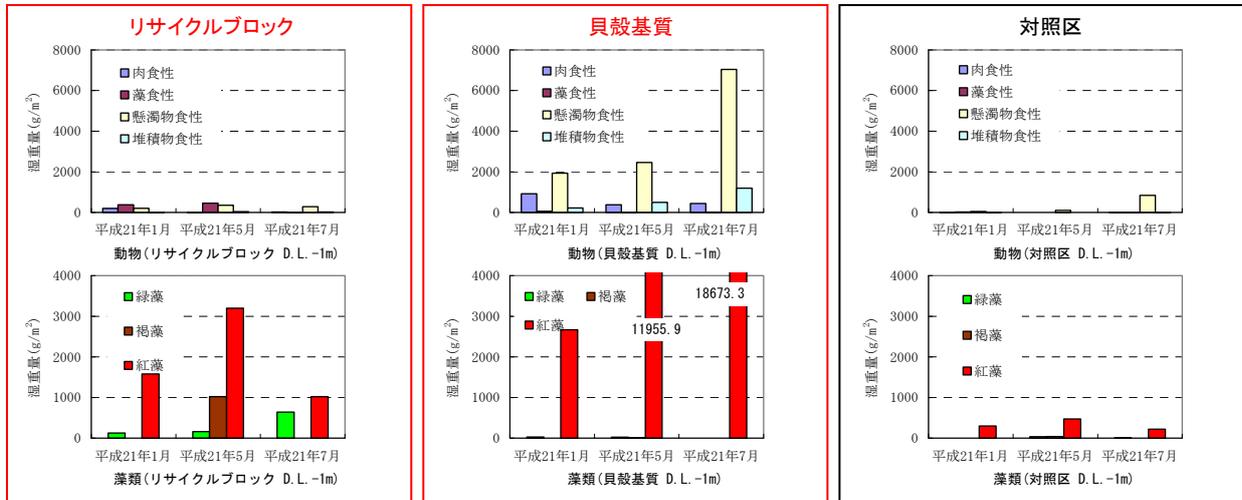


図 6 リサイクルブロック、貝殻基質、対照区の付着生物量(D. L. -1m)

D.L.-3m では、他の水深に比べてリサイクルブロック、貝殻基質ともに生物量は少なかったが、付着生物の出現する時期や種類が両基質で異なっており、これらの異なる特性の技術が存在することで多様な生物の生息環境が創出されたと考えられる。一方、対照区では全く確認されなかった藻類が両基質とも確認されており、これらのことから多様な生物の生息環境が創出されたと考えられる(図 7)。

各技術周辺には、対照区の同水深では見られないカサゴなどの捕食者が観察されたことから、D.L.-3m に構造物を設置したことによる蛸集・系外排出効果がうかがえる。

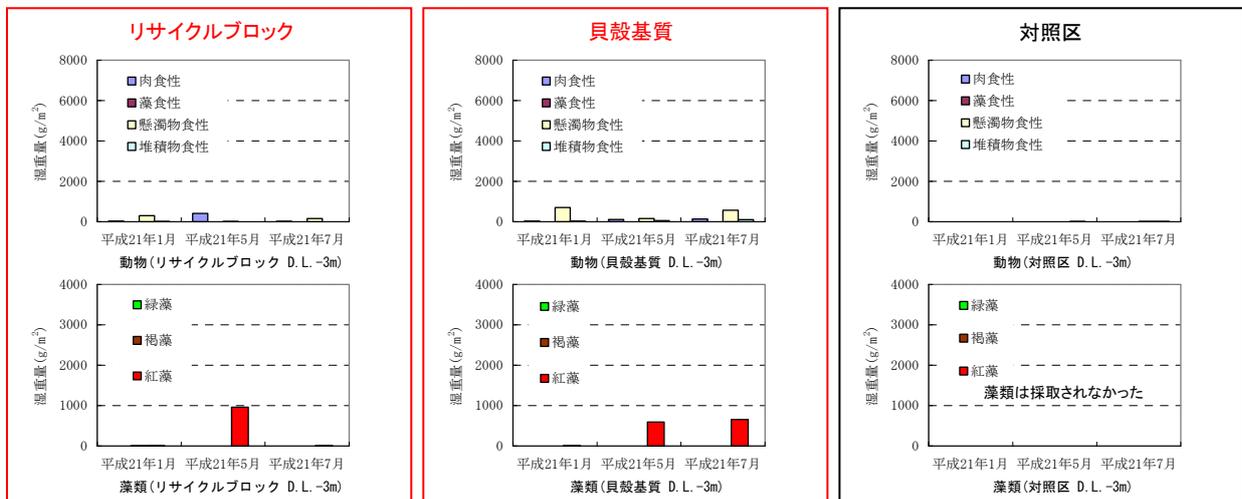


図 7 リサイクルブロック、貝殻基質、対照区の付着生物量(D. L. -3m)

以上より、空間的に設置した各技術は、それぞれ効果を発揮しており、それらの効果は互いに連関していることが考えられる。よって、本実証試験における各技術とその空間的配置は、おおむねその目的を達成しており、物質循環のシステムが構築されつつあると考えられる。

(2)対照区以上の生物量の確保

①湿重量による評価

生物採取調査で採取した付着生物量(湿重量)を試験区と対照区と比較した。1月、5月は付着動物、藻類ともに試験区の方が多かった。7月は付着動物については対照区の方が多かったが、藻類は試験区の方が多かった。付着動物と藻類を合わせた湿重量は常に試験区の方が多く、対照区以上の生物量が確保されているといえる。

②年間炭素固定量による評価

各技術に付着した動物と藻類を合わせた生物生産量により、各技術の複合的配置の効果を評価するため、試験区、対照区における付着生物の年間炭素固定量を推定し、比較した。各技術(総面積 2.91m²)に付着した生物の食性別最大現存量を合計し、試験区の食性別年間最大現存量とした。対照区については、試験区の各技術と同水深の付着生物量を、各技術と同面積に換算し合計した。その結果、試験区の炭素固定量は、対照区と比較すると3.3倍となり、付着生物の生産量においても対照区以上となっていた(表1)。

表1 試験区、対照区における年間炭素固定量

	最大現存量 (g/2.91m ²)		P/B _{max}	炭素/湿重量比	炭素固定量 (g-C/y/2.91m ²)	
	試験区	対照区			試験区	対照区
肉食性	459.29	43.98	1.70	0.10	78.08	7.48
藻食性	789.89	37.78	1.70	0.10	134.28	6.42
懸濁物食性	1490.67	1734.09	1.70	0.09	228.07	265.32
堆積物食性	168.67	155.32	1.70	0.10	28.67	26.44
藻類	5470.03	609.61	3.00	0.05	820.50	91.44
					合計炭素固定量 (g-C/y/2.91m ²)	
					1289.61	397.06

③周辺の大型ベントスを考慮した年間炭素固定量による評価

本試験では複数の技術を空間的に配置しており、各技術を単独で設置した場合と異なり、空間全体に、付着生物を捕食する大型ベントスなどを蝟集させる相乗的な効果(シナジー効果)があると考えられる。よって、付着生物に確認された大型ベントスを加え、②と同様に年間の炭素固定量を算出し比較した。試験区の年間炭素固定量は対照区の4.7倍となり(表2)、対照区との差は付着生物のみで算出した結果以上となった。各技術を空間的に配置した場合、単独で設置した場合に比べ、大型ベントスなどの蝟集効果が高まり、生物量が増加することが考えられる。

表2 シナジー効果を考慮した年間炭素固定量

	最大現存量 (g/300m ²)		P/B _{max}	炭素/湿重量比	炭素固定量 (g-C/y/300m ²)	
	試験区	対照区			試験区	対照区
肉食性	12334.29	6293.98	1.70	0.10	2096.83	1069.98
藻食性	1664.89	37.78	1.70	0.10	283.03	6.42
懸濁物食性	1490.67	1734.09	1.70	0.09	228.07	265.32
堆積物食性	20168.67	155.32	1.70	0.10	3428.67	26.44
藻類	5470.03	609.61	3.00	0.05	820.50	91.44
					合計炭素固定量 (g-C/y/300m ²)	
					6857.11	1459.56

4.3. まとめ

- ・ 試験区では、目標である「対照区以上の生物量の確保」が確認できた。
- ・ 試験区では、魚類や大型ベントスなど食物連鎖の上位捕食者が多く確認でき、各技術の空間的配置により、蝟集効果が高まったことが考えられる。
- ・ 各技術を複合的・空間的に配置することで、多様な生物生息空間の創造が確認でき、生物の働きによる水質・底質の改善、魚類や大型ベントスによる物質循環、系外排出が期待される(図8)。
- ・ 今後は、この技術を、人為的な改変を強く受けた泥質海底と直立護岸に囲まれた海域に適用し、生物生息環境の改善、水質の改善に役立てていきたいと考える(図9)。
- ・ 今回の実証試験海域と規模、地形、水質、生物生息環境などについて、大きく条件が異なる海域に適用する際には、設置水深や規模など、より詳細な検討が必要となる。

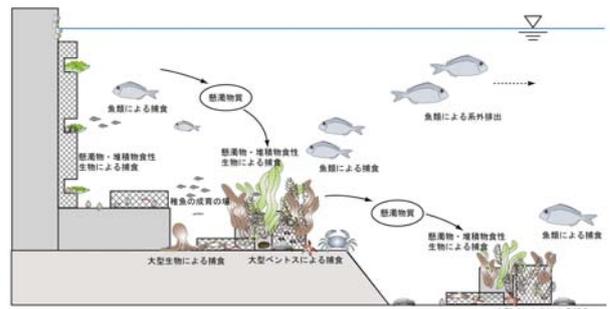


図8 期待される物質循環のシステムイメージ

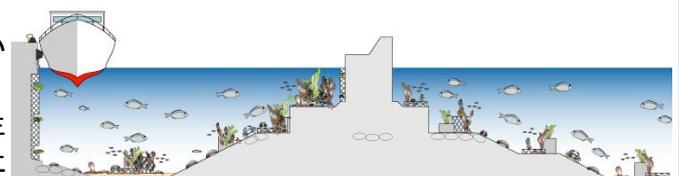


図9 今後期待される展開イメージ

○実証試験の結論

試験区の生物量は湿重量、炭素固定量ともに対照区以上であり、また、生物種も対照区に比べ多様となっていた。各技術を単体ではなく複合的・空間的に配置することで、多様な生物生息空間を創造すること、また、魚類や大型ベントスの蝟集効果を高めることが確認できた。

○実証試験についての技術実証委員会の見解

対照区以上の生物量の確保は、現地調査結果からも明らかである。また、蝟集調査や大型ベントス調査で、系外排出が期待できる高次生物の生息が確認できていることから、現在配置されている技術が適切に機能していることがうかがえる。

